

# Rancang Bangun Sistem *Takeoff Unmanned Aerial Vehicle Quadrotor* Berbasis Sensor Jarak Inframerah

Bardo Wenang, Rudy Dikairono, ST., MT., dan Ir. Henny Utami

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: rudydikairono@ee.its.ac.id

**Abstrak**— *Quadrotor* merupakan salah satu *Unmanned Aerial Vehicles* yang memiliki banyak aplikasi diantaranya untuk pencarian dan penyelamatan, penjelajahan, pengawasan suatu ruangan, dan lain-lain. Untuk melakukan pekerjaan tersebut *quadrotor* harus memiliki sensor tersendiri yang mampu mendeteksi permukaan bawah/landasan (*ground sensing*) untuk keperluan *hovering*, *takeoff* dan *landing*. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem sensor jarak inframerah untuk kebutuhan *takeoff quadrotor*. Sensor jarak inframerah yang digunakan sebanyak empat buah yang diletakkan pada ujung masing-masing lengan *quadrotor*. Data jarak dari masing-masing sensor terhadap landasan yang terukur digunakan sebagai masukan kontroler melalui proses ADC mikrokontroler. Kontroler yang dapat direalisasikan terbagi menjadi tiga bagian, yaitu kontroler *pitch*, kontroler *roll*, dan kontroler *altitude*. Keluaran berupa sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengendalikan kecepatan putaran motor propeler *quadrotor*, sehingga *quadrotor* dapat melakukan mekanisme *takeoff*. Dari hasil percobaan, tugas akhir ini berhasil menerbangkan *quadrotor* dan membuatnya melayang pada jarak 10 cm dengan error lebih kurang 2 cm. Dengan kondisi kontrol gerakan gerakan putar sumbu z (*yaw*) diabaikan.

**Kata Kunci**—*Quadrotor*, *takeoff*, sensor jarak, inframerah.

## I. PENDAHULUAN

ROBOT merupakan salah satu ciptaan manusia yang diharapkan dapat mengambil keputusan sendiri dalam batasan tertentu untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang berbahaya bagi manusia. Salah satu bentuk robot yang dapat membantu manusia adalah *quadrotor*. *Quadrotor* merupakan salah satu *Unmanned Aerial Vehicles* yang mampu terbang secara vertikal, atau biasa disebut *Vertical Take-Off and Landing* (VOTL). Robot terbang dengan kemampuan seperti ini memiliki banyak aplikasi diantaranya untuk pencarian dan penyelamatan, penjelajahan dalam lingkungan berbahaya, pengawasan suatu ruangan, dan lain-lain [1]. Namun untuk melakukan pekerjaan tersebut diperlukan *autonomous quadrotor* yang mampu terbang vertikal, bisa mendeteksi keadaan sekitarnya, dan memiliki konsumsi daya yang rendah. Terutama dalam aplikasi dalam ruangan (*indoor*) tentu diperlukan sensor dan pengaman untuk terbang bebas tanpa halangan.

*Autonomous quadrotor* harus memiliki sensor tersendiri yang mampu mendeteksi permukaan bawah/landasan (*ground*

*sensing*) untuk keperluan *hovering*, *takeoff* dan *landing*. Salah satu jenis sensor yang mampu mendeteksi permukaan landasan adalah sensor jarak inframerah. Yang mana sensor jarak inframerah ini mampu mengukur jarak antara suatu benda atau rintangan terhadap sensor.

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah sistem sensor jarak inframerah untuk kebutuhan *takeoff quadrotor*. Sensor jarak inframerah yang digunakan sebanyak empat buah yang diletakkan pada ujung masing-masing lengan *quadrotor*. Data jarak dari masing-masing sensor terhadap landasan yang terukur digunakan sebagai masukan untuk mengendalikan dan menerbangkan *quadrotor* pada ketinggian tertentu.

## II. PERANCANGAN SISTEM

Diagram blok sistem *quadrotor* ditunjukkan pada Gambar 1 dan skema pada Gambar 2. Yang mana *setting point* merupakan jarak yang diharapkan pada *takeoff quadrotor* dan keluaran yang diinginkan adalah gaya ke atas hasil dari putaran *propeller* yang dapat menjaga ketinggian *quadrotor*.

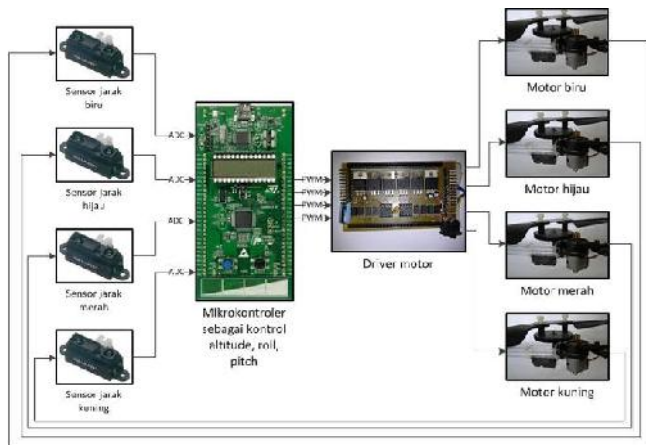
Empat buah sensor jarak Sharp GP2D120 mendapatkan



Gambar. 1. Diagram blok sistem *takeoff quadrotor*

tegangan *supply* sebesar 5V dan menghasilkan tegangan output DC dengan kisaran antara 0,3V sampai 3V bergantung dari jarak antara tiap-tiap sensor terhadap bidang permukaan landasan. Besar level tegangan empat sensor dikonversi menjadi data digital oleh mikrokontroler STM32L152RBT6 dengan *peripheral ADC* (*analog to digital converter*).

Empat data digital hasil pengukuran jarak tersebut menjadi sinyal umpan balik untuk tiga kontroler. Tiga kontroler tersebut merupakan kontrol *altitude*, kontrol *pitch*, dan kontrol *roll*. Tiga kontroler tersebut menghasilkan empat sinyal *pulse width modulation* (PWM) untuk pengendalian kecepatan motor.

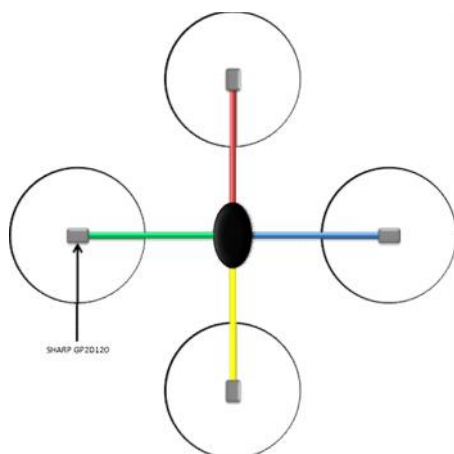


Gambar. 2. Skema sistem takeoff quadrotor

Empat sinyal PWM dari mikrokontroler menjadi masukan untuk rangkaian *driver* motor untuk mengendalikan kecepatan putaran motor DC. Masing-masing motor DC ini mengendalikan kecepatan empat buah *propeller*. Masing-masing putaran *propeller* angkat menghasilkan gaya angkat pada masing-masing lengan *quadrotor* dan akhirnya akan mempengaruhi pembacaan jarak empat sensor jarak GP2D120. Dengan adanya mekanisme *feedback* tersebut *quadrotor* dapat diterbangkan sesuai ketinggian yang diharapkan.

#### A. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Sensor jarak yang digunakan pada tugas akhir ini adalah GP2D120 yang merupakan produk dari Sharp [2]. Berbasis optik inframerah dan memiliki rangkaian *signal processing*. Tegangan *supply* untuk masing-masing sensor berasal dari baterai *Lithium polymer* 12,6V yang di regulasi menjadi 5V. Tiap sensor jarak dipasang menghadap bawah pada ujung-ujung lengan *quadrotor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Untuk mempermudah pengujian, penamaan sensor dilakukan berdasarkan tanda warna pada masing-masing lengan, yaitu merah, kuning, hijau dan biru.



Gambar. 3. Penempatan sensor jarak pada quadrotor



Gambar. 4. Penempatan sensor jarak pada quadrotor

Rangkaian *driver* motor yang digunakan pada tugas akhir ini memiliki komponen utama transistor mosfet *n-channel* IRFZ44N beserta MAX 627 dan *photocoupler* PC817. Rangkaian skematik diberikan pada Gambar 5.

PC817 digunakan untuk melindungi rangkaian sistem minimum mikrokontroler dari arus balik yang mungkin terjadi pada kaki *gate* MOSFET. Dengan adanya komponen ini, *ground* sistem akan terpisah dengan *ground* pada *driver* motor.

IRFZ44N merupakan power MOSFET yang memiliki arus *drain-source* ( $I_{ds}$ ) maksimum hingga 49 Ampere. Transistor ini berfungsi untuk menguatkan arus dan tegangan sinyal PWM ke motor DC. Gambar 3.13 merupakan gambar rancangan dari *driver* motor.



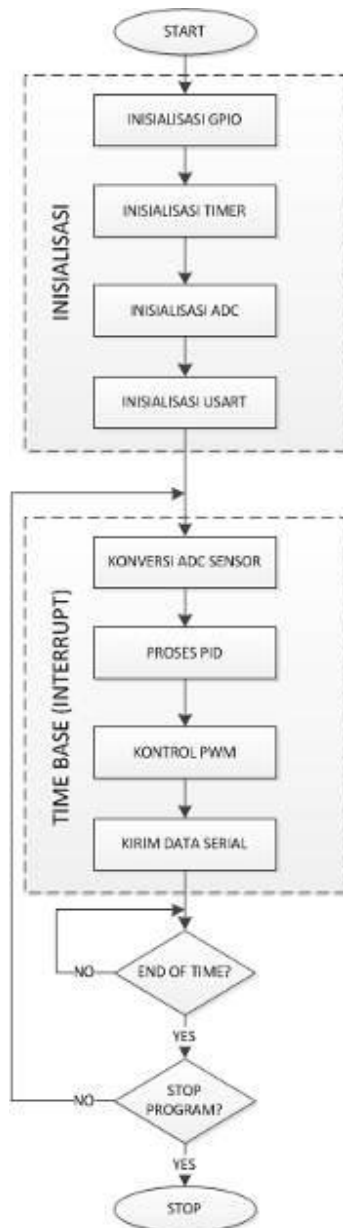
Gambar. 5. Rangkaian driver motor

#### B. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang dirancang yaitu perangkat lunak pada mikrokontroler. Perangkat lunak pada mikrokontroler dirancang untuk melakukan proses konversi analog ke digital, pemrograman kontrol PID, dan mengontrol kecepatan dari motor *quadrotor*.

Perangkat lunak pada mikrokontroler STM32L152RBT6 ditulis dalam bahasa C++ menggunakan *software* keil uVision4 sebagai media untuk *coding*, *compiler* dan *debugging*-nya. Fungsi – fungsi yang digunakan dalam

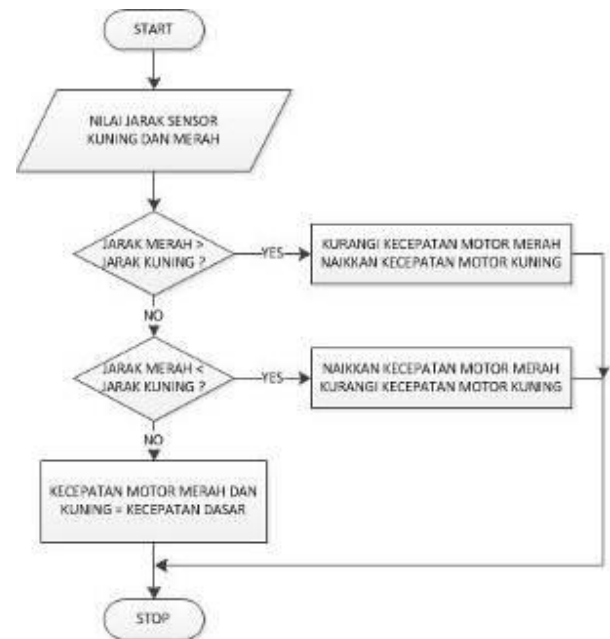
program untuk STM32L152RBT6 diantaranya adalah komunikasi serial, fungsi I/O port mikrokontroler, *Timer*, ADC, dan PID *Control*. Alur program secara sederhana ditampilkan pada diagram alir Gambar 6.



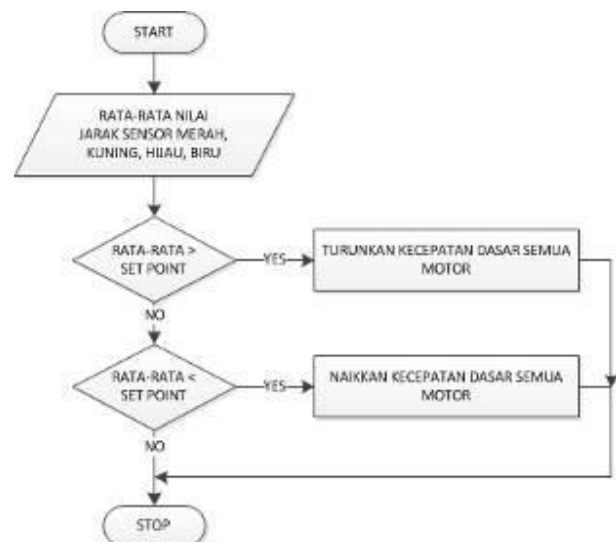
Gambar. 6. Diagram alir umum program mikrokontroler

Mikrokontroler juga melakukan klasifikasi pada jarak yang terukur. Dengan metode dinamika *quadrotor*, kontrol dibagi tiga yaitu *altitude control*, *pitch control*, *roll control*. Proses klasifikasi sensor jarak dan logika pengontrolan dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Diagram alir *roll control* memiliki bentuk yang serupa dengan diagram alir *pitch control*, yaitu dengan mengganti warna penanda pada *pitch* (merah, kuning) dengan warna penanda pada *roll* (biru, hijau).



Gambar. 7. Diagram alir kontrol *pitch quadrotor*



Gambar. 8. Diagram alir kontrol *altitude quadrotor*

### III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dipaparkan hasil pengujian sistem beserta analisisnya. Pengujian alat dilakukan pada *hardware* dan *software* dengan pengambilan data sesuai dengan fungsi dari masing-masing bagian sistem beserta gambar sinyal yang dihasilkan pada bagian sistem tersebut.

#### A. Pengujian Sensor Jarak

Pengujian ini dilakukan untuk melihat tegangan keluaran sensor jarak GP2D120 pada 3 jarak tertentu. Gambar 9 menunjukkan metode pengambilan data tegangan output sensor jarak menggunakan alat ukur ketinggian (penggaris) dan *voltmeter*. Dari tiap-tiap sensor jarak didapatkan

pembacaan tegangan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar. 9. Pengukuran tegangan sensor jarak

Tabel 1.  
Data pengukuran tegangan tiap-tiap sensor jarak

Jarak (cm)	Tegangan sensor kuning (volt)	Tegangan sensor merah (volt)	Tegangan sensor biru (volt)	Tegangan sensor hijau (volt)
5	2.28	2.25	2.28	2.29
10	1.3	1.15	1.28	1.26
20	0.68	0.68	0.7	0.69

### B. Pengujian Kontrol Roll dan Pitch

Pengujian *pitch* pada tugas akhir ini merupakan pengujian dua sisi jarak pada motor yang berlawanan, yaitu yang bertanda warna kuning dan warna merah. Pengujian *pitch* harus dilakukan pada ketinggian yang diinginkan (ketinggian *set point*) agar dapat diamati dan dilakukan *tuning* konstanta PID, karena *quadrotor* tidak dapat bergerak dalam kontrol *pitch* bila tidak dinaikkan pada ketinggian tertentu. Hal tersebut disebabkan masih belum dilakukannya kontrol *altitude* dalam pengujian ini.

Oleh karena itu simulasi pengujian kontrol *pitch* ini dilakukan pada dua buah penyangga *quadrotor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Penyangga ini bertujuan menjaga ketinggian *quadrotor* pada jarak tertentu tanpa menghalangi kebebasan bergerak kontrol *pitch*. Dalam pengujian ini ketinggian penyangga untuk jarak 10 cm terhadap landasan.

Untuk kontrol *roll* dilakukan perlakuan yang sama seperti pengujian kontrol *pitch*. Pengujian *roll* ini merupakan pengujian sisi biru dan sisi hijau, sehingga dapat dilakukan metode yang sama dengan penyangga dengan gerakan bebas pada sisi *roll*.

Melalui *tuning* PID untuk masing-masing pengujian *pitch* dan *roll* dihasilkan respon seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Gangguan yang diberikan berupa guncangan sesaat pada salah satu lengan yang sedang diuji, dengan tujuan mendapatkan kecepatan waktu respon pemulihan posisi lengan *quadrotor* menjadi seperti posisi awal. Waktu respon

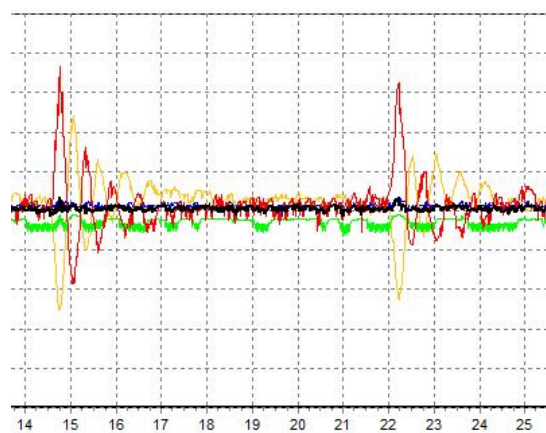
diperoleh melalui pengamatan grafik jarak sensor terhadap waktu seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar. 10. *Quadrotor* dengan penyangga

Tabel 2.  
Data pengukuran kestabilan kontrol *pitch* dan *roll*

No	Pengujian	waktu pemulihan setelah gangguan (detik)
1	pitch	3
2	pitch	3.5
3	pitch	2
4	pitch	2
5	pitch	2
6	pitch	2.5
7	roll	3
8	roll	3
9	roll	2.5
10	roll	2
11	roll	3
12	roll	2



Gambar. 11. Grafik pengujian jarak sensor kontrol *pitch*



### C. Pengujian Kontrol Altitude

Dengan didapatkannya konstanta yang sesuai untuk kontrol *pitch* dan *roll*, maka pengujian *altitude* dapat lebih mudah diamati dan dilakukan *tuning* PID. Pengujian kontrol *altitude* ini merupakan pengujian pada keseluruhan kontroler, sehingga tidak menggunakan penyangga, namun tetap pada papan bertiang untuk menjaga karena tidak adanya kontrol *yaw*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

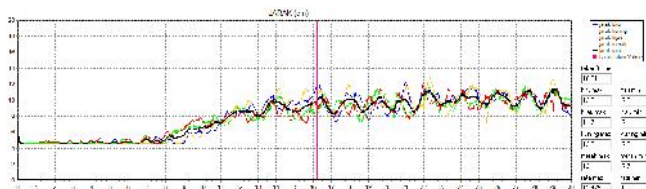


Gambar. 12. Pengujian kontrol *altitude* dengan tiang pengunci

Tes yang dilakukan dengan memberikan nilai *setting point* untuk kontrol *altitude* sebesar 10 cm dari landasan. Sehingga dihasilkan ketinggian *takeoff* quadrotor stabil pada kisaran ketinggian 10 cm. Gambar 13 merupakan gambar *takeoff* quadrotor pada ketinggian 10 cm dan Gambar 14 adalah grafik data perubahan jarak tiap-tiap lengan quadrotor terhadap waktu.



Gambar. 13. Quadrotor saat ketinggian 10 cm



Gambar. 14. Grafik pengujian kontrol *altitude* (*takeoff* quadrotor)

Dari pengujian tersebut dapat diperoleh data (pada Tabel 3) waktu *takeoff* quadrotor, jarak maksimal dan minimal masing-masing sensor setelah *takeoff*. Beserta jarak maksimal dan minimal rata-rata sensor pasca *takeoff*, atau dapat dikatakan jarak tersebut merupakan data jarak titik tengah

Tabel 3.

Data kontrol *altitude* quadrotor pada tiang pengunci

No	Jarak Hovering (cm)	Waktu Takeoff (detik)	Jarak Rata-Rata Sensor Setelah Takeoff	
			Max (cm)	Min (cm)
1	10	14	11.95	8.52
2	10	18.98	12.1	8.42
3	10	16.09	11.52	8.22
4	10	19.87	10.97	7.4
5	10	18.79	11.1	8.07
6	10	16.21	11.47	8.2
7	10	14.16	11.25	8.02
8	10	15.25	11.4	8.3
9	10	14.8	12	8.37

quadrotor. Dapat ditarik kesimpulan bahwa *takeoff* berhasil dilakukan oleh quadrotor dalam waktu kurang dari 20 detik, dan mencapai target jarak 10 cm terhadap landasan dengan eror lebih kurang 2 cm dari jarak target.

### IV. KESIMPULAN

Peletakan posisi sensor jarak pada lengan quadrotor sangat berpengaruh terhadap hasil pembacaan tegangan sensor dan konversi tegangan. Berdasarkan hasil percobaan, penempatan sensor jarak yang satu memiliki jarak yang sama dengan jarak dengan sensor lainnya.

Tingkat keberhasilan kontrol *pitch* dan kontrol *roll* berpengaruh besar terhadap kemampuan kontrol *altitude* dalam menerbangkan quadrotor mencapai *setting point*. Osilasi berlebih dan posisi miring (di atas 20 derajat) yang tidak stabil dapat terjadi pada kontrol *altitude* bila kontrol *pitch* dan *roll* tidak mampu menstabilkan lengan quadrotor dengan ketinggian jarak yang sama.

Perbedaan putaran motor yang satu dan yang lainnya merupakan permasalahan yang paling utama dalam menstabilkan posisi quadrotor. Oleh karena itu dengan adanya *feedback* dari sensor jarak dan konstanta integral pada kontroler mampu memberikan sinyal PWM yang sesuai pada masing-masing motor.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya Sreekumar, P. Hithesan, M. Krishna Anand, "Design and Implementation of the Closed Loop Control of a Quad Rotor UAV for Stability", Amrita School of Engineering, (2011).
- [2] SHARP Corporation. "GP2D120 Optoelectronic Device", <URL: <http://sharp-world.com/products/device/>>, (2006).